

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-137522
(43)Date of publication of application : 25.05.1999

(51)Int.Cl.

A61B 3/10
A61B 3/036

(21)Application number : 09-327098
(22)Date of filing : 11.11.1997

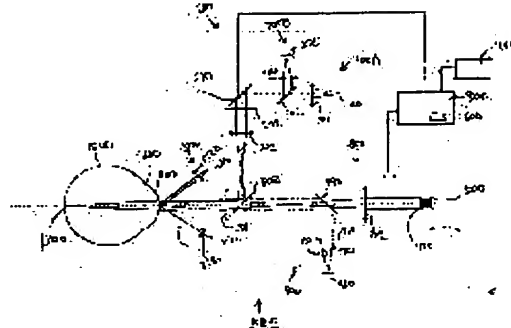
(71)Applicant : TOPCON CORP
(72)Inventor : MIHASHI TOSHIBUMI
KOBAYASHI KATSUHIKO

(54) OPTICAL CHARACTERISTIC-MEASURING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical characteristics-measuring apparatus which enables especially measurement of optical characteristics of irregular astigmatism components in relation to an apparatus which precisely measures optical characteristics of eyes to be inspected by projecting a specified pattern on a retina.

SOLUTION: A lighting optical system lights a retina 300 of eyes to be inspected through a lighting condition altering section 210 which enables altering of the lighting condition by a luminous flux from a light source 100. A detecting optical system receives the luminous flux reflected to be returned from the retina of the eyes to be inspected, and guides the flux to a photodetecting part 500 and an optical characteristic computing section 600 finds optical characteristics of the eyes to be inspected based on an output signal from the photodetecting part. The lighting optical system alters the lighting condition of the lighting optical system based on the optical characteristics obtained by the optical characteristic computing section 600 thereby lighting a very small area on the retina of the eyes to be inspected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.11.2004
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-137522

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月25日

(51) Int.Cl.⁶

A 6 1 B 3/10
3/036

識別記号

F I

A 6 1 B 3/10
3/02

N
G

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平9-327098

(22) 出願日 平成 9 年(1997)11月11日

(71) 出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72) 発明者 三橋 俊文

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(72) 発明者 小林 克彦

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

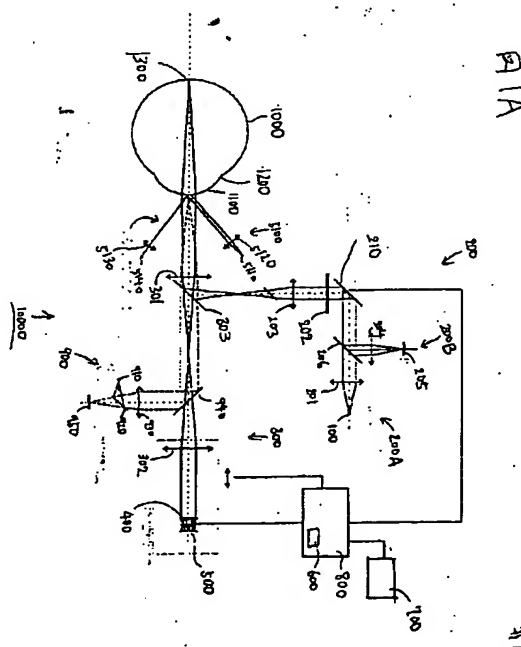
(74) 代理人 弁理士 和泉 雄一

(54) 【発明の名称】 光学特性測定装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 所定のパターンを網膜に投影して被検眼の光学特性を精密に測定する光学特性測定装置に係わり、特に不正乱視成分の光学特性を測定できる光学特性測定装置を提供する。

【解決手段】 照明光学系が、光源100からの光束による照明状態を変更できる照明状態変更部210を介して被検眼網膜300を照明し、受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部500に導き、光学特性演算部600が、受光部からの出力信号に基づいて、被検眼の光学特性を求める様になっており、照明状態変更部が、光学特性演算部600で得られた光学特性に基づき、照明光学系が被検眼網膜上で微小な領域を照明する様に、照明光学系の照明状態を変更する様になっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明用の光源と、該光源からの光束による照明状態を変更できる照明状態変更部を介して被検眼網膜を照明する照明光学系と、前記被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導く受光光学系と、この受光部からの出力信号に基づいて、被検眼の光学特性を求める光学特性演算部とを有し、前記照明状態変更部が、前記光学特性演算部で得られた光学特性に基づき、前記照明光学系が被検眼網膜上で微小な領域を照明する様に、前記照明光学系の照明状態を変更すること

10

を特徴とする光学特性測定装置。

【請求項2】 前記照明状態変更部は、デフォーダブルミラーで構成されている請求項1記載の光学特性測定装置。

【請求項3】 前記照明状態変更部は、空間光変調器で構成されている請求項1記載の光学特性測定装置。

【請求項4】 前記照明状態変更部は、シリンドリカルレンズを含むレンズ系で構成されている請求項1記載の光学特性測定装置。

【請求項5】 前記受光光学系は、被検眼虹彩と前記受光面とが略共役な関係となっている請求項1～4の何れか1つに記載の光学特性測定装置。

20

【請求項6】 前記受光光学系は、前記反射光束を少なくとも17つの領域に区分して、該領域において光束を収束する収束作用と光束を透過する透過作用とを有する変換部材を含み、前記受光部は前記変換部材からの光束を受光し、前記光学特性演算部は、前記受光部で得られた前記変換部材からの収束作用を受けた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求める様に構成されている請求項1～5の何れか1つに記載の光学特性測定装置。

30

【請求項7】 前記変換部材は、光軸と直交する面内に配置された複数の2重焦点のマイクロフレネルレンズで構成され、光学特性演算部は前記複数のマイクロフレネルレンズによる受光部の受光面上での前記反射光束の収束位置から反射光束の傾き角を求め、これに基づき被検眼の光学特性を求める請求項6記載の光学特性測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、所定のパターンを網膜に投影して被検眼の光学特性を精密に測定する光学特性測定装置に係わり、特に不正乱視成分の光学特性を測定できる光学特性測定装置に関するものである。

40

【0002】

【従来の技術】従来の被検眼の光学特性を測定する装置は、レフラクトメーターとして知られているが、その被検眼の光学特性を球面成分、正乱視成分及びその軸角度のみを求め表示するに過ぎなかった。被検眼の中にはこれ以外の不正乱視成分を有している場合があり、不正乱視成分の量によっては、眼鏡ではなくコンタクトレンズ

の矯正や医師の診断を必要とする場合がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本出願人は、不正乱視成分を考慮した光学特性測定装置を開発し、特許出願しているが、被測定眼に正視でない場合、その乱視成分などの影響で点指標を被測定眼眼底に点像として投影することができず測定誤差の原因となってしまう問題点があった。

【0004】従って、被測定眼に乱視成分不正乱視成分があっても、所定のパターンを網膜上に形成することができる光学特性測定装置の出現が強く望まれていた。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、照明用の光源と、該光源からの光束による照明状態を変更できる照明状態変更部を介して被検眼網膜を照明する照明光学系と、前記被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導く受光光学系と、この受光部からの出力信号に基づいて、被検眼の光学特性を求める光学特性演算部とを有し、前記照明状態変更部が、前記光学特性演算部で得られた光学特性に基づき、前記照明光学系が被検眼網膜上で微小な領域を照明する様に、前記照明光学系の照明状態を変更することを特徴としている。

【0006】また本発明の照明状態変更部は、デフォーダブルミラーで構成することもできる。

【0007】更に本発明の照明状態変更部は、空間光変調器で構成することもできる。

【0008】そして本発明の照明状態変更部は、シリンドリカルレンズを含むレンズ系で構成することもできる。

【0009】また本発明の受光光学系は、被検眼虹彩と前記受光面とが略共役な関係とすることもできる。

【0010】更に本発明の受光光学系は、前記反射光束を少なくとも17つの領域に区分して、該領域において光束を収束する収束作用と光束を透過する透過作用とを有する変換部材を含み、前記受光部は前記変換部材からの光束を受光し、前記光学特性演算部は、前記受光部で得られた前記変換部材からの収束作用を受けた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求める様に構成することもできる。

【0011】そして本発明の変換部材は、光軸と直交する面内に配置された複数の2重焦点のマイクロフレネルレンズで構成され、光学特性演算部は前記複数のマイクロフレネルレンズによる受光部の受光面上での前記反射光束の収束位置から反射光束の傾き角を求め、これに基づき被検眼の光学特性を求める構成にすることもできる。

【0012】

【発明の実施の形態】以上の様に構成された本発明は、照明光学系が、光源からの光束による照明状態を変更で

50

きる照明状態変更部を介して被検眼網膜を照明し、受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導き、光学特性演算部が、受光部からの出力信号に基づいて、被検眼の光学特性を求める様になっており、照明状態変更部が、光学特性演算部で得られた光学特性に基づき、照明光学系が被検眼網膜上で微小な領域を照明する様に、照明光学系の照明状態を変更する様になっている。

【0013】また本発明の照明状態変更部は、デフォーミブルミラーにすることもできる。

【0014】更に本発明の照明状態変更部は、空間光変調器にすることもできる。

【0015】そして本発明の照明状態変更部は、シリンドリカルレンズを含むレンズ系にすることもできる。

【0016】また本発明の受光光学系は、被検眼虹彩と前記受光面とが略共役な関係にすることもできる。

【0017】更に本発明の受光光学系は、変換部材が、反射光束を少なくとも17つの領域に区分して、該領域において光束を収束する収束作用と光束を透過する透過作用とを發揮し、受光部が、変換部材からの光束を受光し、光学特性演算部が、受光部で得られた変換部材からの収束作用を受けた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求めることもできる。

【0018】更に本発明の変換部材は、光軸と直交する面内に配置された複数の2重焦点のマイクロフレネルレンズで構成され、光学特性演算部は前記複数のマイクロフレネルレンズによる受光部の受光面上での前記反射光束の収束位置から反射光束の傾き角を求め、これに基づき被検眼の光学特性を求めることもできる。

【0019】

【実施例】

【0020】以下、本発明の実施例を図面により説明する。

【0021】【第1実施例】

【0022】本発明の第1実施例である光学特性測定装置10000は、図1に示す様に、照明用の光源100と、該光源100からの光束による照明状態を変更できる照明状態変更部210を介して被検眼網膜を照明する照明光学系200と、前記被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部500に導く受光光学系300と、この反射光束を少なくとも17つの領域に区分して、該領域において光束を収束する収束作用と光束を透過する透過作用とを有する変換部材400と、該変換部材400からの光束を受光する受光部500と、該受光部500で得られた前記変換部材400からの収束作用を受けた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求める光学特性演算部600とを有し、前記照明状態変更部210が、前記光学特性演算部600で得られた光学特性に基づき、前記照明光学系200が被検眼網膜上で微小な領域を照明する様に、前記照明光学系200の照

明状態を変更する構成となっている。

【0023】そして、制御手段800が、光学特性演算部600を含む全体の制御を司っている。

【0024】光源100は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。本第1実施例の光源100には、SLDが採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。

【0025】また、本第1実施例の光源100は、SLDに限られるものではなく、レーザーの様に空間、時間ともコヒーレンスが高いものでも、回転拡散板などを挿入することにより、適度に時間コヒーレンスを下げることとで利用できる。

【0026】そして、SLDの様に、空間、時間ともコヒーレンスが高くないものでも、光量さえ充分であれば、ピンホール等を光路の光源の位置に挿入することで、使用可能になる。

【0027】本第1実施例の照明用の光源100の波長は、赤外域の波長、例えば840nmを使用することができる。光源100は、連続点灯させている場合には、受光部500において、光学特性測定用の光束と、被検査対象物である被検眼前眼部の光束とが同時に受光される。

【0028】また光源100を点滅させた場合において、消灯時では、受光部500で被検眼前眼部のみの像が形成され、点灯時では、受光部500に光学特性測定用の光束が受光される。このため、光学特性測定用の光束が含まれない被検査対象物である被検眼前眼部の像を形成することができ、より望ましい。

【0029】照明光学系200は、光源100からの光束で被検眼網膜を照明するためのものである。照明光学系200は、第1の集光レンズ201と、照明状態変更部210と、可変絞り202と、第2の集光レンズ203と、固視標結像レンズ204と、固視標205とから構成されている。

【0030】照明状態変更部210は、光源100からの光束による照明状態を変更させるためのものである。

【0031】本第1実施例の照明状態変更部210は、図8に示すデフォーミブルミラー(DEFORMABLE MIRROR)が採用されている。

【0032】デフォーミブルミラー210Aは、駆動回路211により、ピエゾ211に対して駆動電圧を印加し、ミラー面212を変形させ、照明状態を変更させるものである。

【0033】照明状態変更部210は、デフォーミブルミラー210Aに限ることなく、液晶等の空間光変調器や、シリンドリカルレンズを含むレンズ系を採用することができる。シリンドリカルレンズを含むレンズ系は、例えば、シリンドリカルレンズと球面レンズの組み合わせが考えられる。

【0034】可変絞り202は、光束遮蔽部材に該当す

10

20

30

40

50

るものであり、図1Bに示す様に、この可変絞り202は、中心付近に開口のある第1絞り202aと、周辺部付近に開口のある第2絞り202bとが並べて配置されており、これを光軸と直交方向に制御演算処理手段800からの信号で移動させることにより切り替え可能に構成されている。

【0035】従って、照明光学系200の可変絞り202は、被検眼1000の瞳と略共役付近に、被検眼1000の瞳中心付近を通して照明する第1照明状態と、被検眼1000の瞳周辺付近を通して照明する第2照明状態とを形成することができる。

【0036】ここで、被検眼1000は、角膜1100と、虹彩1200と、網膜1300とを備えている。

【0037】この可変絞り202は、角膜反射による測定への影響を軽減することができる。

【0038】受光光学系300は、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部500に導くためのものである。受光光学系300は、対物レンズ301と、リレーレンズ302と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材400と、ダイクロミックミラー303とから構成されている。

【0039】受光光学系300の変換部材400は、照明光学系200の可変絞り202と共役の位置にある。そして、互いに虹彩1200と共役となっている。

【0040】屈折測定は照明光学系200部分で、その時に遮光されている部分で行うことにより、角膜反射の影響を受けることを防止することができる。

【0041】即ち、可変絞り202の第1絞り202aが、光路内に挿入されている時には、中央の遮光部で遮光されている範囲の測定が行われ、可変絞り202の第2絞り202bが光路内に挿入されている時には、中央の開口部の周りの範囲で測定が行われる。

【0042】なお、周辺付近の測定範囲を少し犠牲にすれば、可変絞りとせず瞳周辺付近を通して照明する第2絞りのみで測定することもできる。

【0043】そして照明光学系200は、被検眼1000の屈折力に応じて光源100からの光束が検眼眼底上で微小な領域を照明する様に構成されており、光源100からの光束を照明するための点光源照明系200Aと、固視標投影系200Bを含む照明系とを移動させることにより被検眼1000の屈折異常を矯正することができる。

【0044】なお、点光源照明系200Aは、第1の集光レンズ201と、可変絞り202と、第2の集光レンズ203とから構成され、固視標投影系200Bは、固視標結像レンズ204と、固視標205とから構成されている。そして、点光源照明系200Aからの光束と固視標投影系200Bからの光束とは、第1のビームスプリッタ206で同軸とされている。

【0045】そして光源100と固視標205とは共役

関係に維持されている。また照明光学系200を移動させて、網膜に点光源及び固視標205の像が形成された後に、制御演算処理手段800からの信号により、固視標投影系200Bを僅かに遠ざけ雲霧させる。

【0046】また、第1の視度調整機構が、点光源照明系200Aと固視標投影系200Bとの視度を、受光部500での受光レベルに応じて、この受光レベルが最大となる様に調整する様に構成されている。

【0047】本第1実施例である光学特性測定装置10000は、被検眼1000の遠点、近点、または、その間での、ある特定の屈折力を持った状態での光学特性を測定することを一つの目的としている。

【0048】従って、遠点での測定だけをとっても、被検眼1000によって「-25ディオプター」から「25ディオプター」程度の屈折力の差があるので、屈折力の変化に応じて照明光束が検眼眼底上で微小な領域を照明する様に構成されている。このため、光源100と、点光源照明系200Aと、固視標投影系200Bとが、制御演算処理手段800からの信号により移動する様に構成されている。

【0049】また受光光学系300は、対物レンズ301と、リレーレンズ302と、変換部材400と、受光素子500とから構成されている。被検眼が適切な作動距離に位置している時には、次の関係を満足している。

【0050】即ち、対物レンズ301の前側焦点は、被検査対象物である被検眼前眼部と略一致している。更に被検眼前眼部は、対物レンズ301及びリレーレンズ302を介して、受光素子500と略共役の関係となっている。

【0051】そして、照明光学系200と受光光学系300とは、光源100からの光束が集光する点で反射されたとして、その反射光による受光部500での信号ピークが最大となる関係を維持して、連動して移動し、受光部500での信号ピークが強くなる方向に移動し、強度が最大となる位置で停止する様に構成されている。この結果、光源100からの光束が、被検眼上で集光することとなる。

【0052】次に、変換部材400について説明する。

【0053】受光光学系300に配置された変換部材400は、反射光束を複数のビームに変換する波面変換部材である。本第1実施例の変換部材400には、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズが採用されている。

【0054】ここでマイクロフレネルレンズについて詳細に説明する。

【0055】マイクロフレネルレンズは波長ごとの高さピッチの輪帯をもち、集光点と平行な出射に最適化されたブレードを持つ光学素子である。ここで利用することのできるマイクロフレネルレンズは、例えば、半導体微細加工技術を応用した8レベルの光路長差をつけたもの

で、1次光と0次光とも40%の集光効率を実現できる。

【0056】その結果、受光部500には、変換部材400に相当するマイクロフレネルレンズの1次光が被検眼の光学特性を示す光束として、マイクロフレネルレンズの0次光が被検眼前眼部像として、受光部500に入射することとなる。

【0057】光源100を連続点灯させている場合には、受光部において、光学特性測定用の光束と被検査対象物である被検眼前眼部の光束が同時に受光されるので、表示部700には、離散的に光学特性測定用の光束の集光点が含まれた状態で、被検査対象物である被検眼前眼部像が形成される。

【0058】また、光源100を点滅させた場合において、消灯時に受光部で被検眼前眼部のみの像が形成され、これを表示部700で表示する。光学特性の測定期間は、被検眼前眼部の像をバッファメモリに記憶しておき、これを表示する様にすることもできる。

【0059】このため、光学特性測定用の光束が含まれない被検査対象物である被検眼前眼部の像を形成することができ、より望ましいと言える。

【0060】一方、眼底からの反射光は、対物レンズ301及びリレーレンズ302を通過し、変換部材400を介して、その1次光として受光部500上に集光する。ここで0次光は透過光束に相当し、1次光は収束光束に相当する。

【0061】また変換部材400は、少なくとも17個の領域に分けられた各領域において、収束作用を行うマイクロレンズ部と透過作用を行う開口部分で構成することも可能である。

【0062】本第1実施例の変換部材400は、反射光束を少なくとも17以上のビームに変換する波面変換部材から構成されている。

【0063】次に受光部500は、変換部材400で変換された複数のビームを受光するためのものであり、本第1実施例では、CCDが採用されている。このCCDは、TV用などの一般的なものから測定用の2000×2000素子等、何れのタイプのものが使用できる。

【0064】受光部500をTV用のCCDを使用した場合には、解像度は劣るが、安価であり、通常、後処理で利用するパーソナルコンピュータへの入力も簡便である。この場合、CCDとそのドライバーからの画像信号出力は、NTSC信号とし、パーソナルコンピュータにNTSC信号に適応した画像入力ボードを使用することで簡単に実現することができる。

【0065】また、受光部500を測定用の2000×2000素子のCCDを採用した場合、装置は高価となるが、同様にアナログ信号を介してパーソナルコンピュータに測定値を入力することができる。

【0066】なお、CCDからの測定信号を、デジタル

信号でパーソナルコンピュータに入力することも可能である。

【0067】そして受光光学系300は、被検眼虹彩1200と変換部材400と略共役な関係を形成している。

【0068】また、受光光学系300には、ダイクロイックミラー303が挿入されており、照明光学系200からの光を被検眼1000に送光し、反射光を透過させる様に構成されている。

【0069】次に、XYアライメント光学系900を説明する。

【0070】XYアライメント光学系900は、アライメント光源910と、第2のビームスプリッタ920と、対物レンズ930と、第3のビームスプリッタ940とから構成されている。

【0071】本第1実施例のアライメント受光部950は、2次元のCCDを採用しているが、何れの受光素子を採用することができる。

【0072】Zアライメント光学系5100は、第4の光源5110と、コリメータレンズ5120と、集光レンズ5130と、1次元撮像素子5140とから構成されている。

【0073】Zアライメント光学系5100は、アライメントが調整された際に、角膜頂点付近で反射された点光源からの光束が、1次元撮像素子5140の所定位置（例えば中央）に投影される。

【0074】本第1実施例の1次元撮像素子5140は、1次元のPSDを採用しているが、何れの受光素子を採用することができる。

【0075】Zアライメント光学系5100は、第4の光源5110からの光を平行光束で角膜1010を照明する。そして正反射光を受光する位置に、照明光軸と受光光軸を含む面に1次元撮像素子5140を配置している。

【0076】またZアライメント光学系5100は、所定の作動距離に位置した時に、平行光束が、コリメータレンズ5120の光軸と交叉する様に配置されている。

【0077】ここで図10に基づいて、XYアライメント光学系900の動作を説明する。S1（ステップ1、以下、S1と略する）では、アライメント光源910を点灯させる。次にS2では、対物レンズ930により光を角膜1010上に集光させる。そしてS3では、アライメント受光部950により輝点の位置を観察する。そして手動アラインメントの場合には、S4に進み、モニターに表示し、自動アラインメントの場合には、S5に進み、制御装置にデータを送出する。

【0078】次に図11に基づいて、Zアライメント光学系5100の動作を説明する。S1では、第4の光源5110を点灯させる。次にS2では、コリメータレンズ5120により、平行光束を角膜頂点付近に照射す

10

20

30

40

50

る。そしてS3では、虚像を形成し、S4で、集光レンズ5130により、虚像を1次元撮像素子5140上に投影する。そしてS5では、1次元撮像素子5140で虚像位置を測定する。更にS6では、測定された虚像位置データを制御装置に送出する様になっている。

【0079】なお、図12に基づいて、レンズ配置を詳細に説明する。

【0080】ここで、受光系の移動レンズより被検者側のレンズを対物レンズ群とすると、アライメントは、前眼部の測定基準面（出射瞳、角膜表面）に、対物レンズ群の前側焦点が一致する様に配置すればよいことになる。

【0081】測定光線が、対物レンズ群を通過した後、光軸と交わる点（角膜形状測定時は、角膜曲率中心と略共役な点であり、また光学特性測定時は、眼底と略共役点となる）に移動レンズの前側焦点が来る様に、移動レンズが移動する。これにより、受光素子には、常に略平行光が入射され、測定基準面での測定領域を略一定とすることができる。

【0082】そして、光線の前眼部の測定基準面での正確な位置は、光線の変換部材通過位置と、受光素子の受*

$$w(r, \theta) = W(X, Y)$$

【0092】となる。

【0093】(i, j) 番目の測定データは、同じ形式※

$$w(r_i, \theta_i) = W(X_i, Y_i)$$

【0095】となる。測定データの内容については後で説明する。

$$F(K, G, T, S, C, A, X, Y) = \text{定数}(K) + \text{傾斜}(G, T, X, Y)$$

$$+ \text{球面}(S, X, Y)$$

$$+ \text{正乱視}(C, A, X, Y)$$

.....第3式

【0098】を選ぶ。

【0099】この多項式中に現れる各成分を説明すると、

【0100】定数項は、Kである。

$$G r \cos(\theta - T) = G \cos(T) X + G \sin(T) Y$$

.....第4式

【0103】球面（符号の問題に関して）

【0104】「数1」

【0105】.....第5式

【0106】Sが負のとき+となり、Sが正のとき-となる。

【0107】正乱視（符号の問題に関して）

【0108】「数2」

【0109】.....第6式

【0110】Cが負のとき+、Cが正のとき-となる。

【0111】各測定点の残差の二乗和は

【0112】「数3」

【0113】.....第7式

【0114】が最小になるようにK、G、T、S、C、

* 光位置に基づいて、内挿又は外挿法により、移動レンズ通過後の前眼部の測定基準面の共役点での光線座標を求め、光学系の横倍率で割ることにより得ることができる。

【0083】次に、受光部500で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼1000の光学特性を求めるための光学特性演算部600の動作原理について詳細に説明する。

【0084】正視の場合 平行光入射で眼底に結像させ、眼底の二次光源が平行光で出射させる。

【0085】近視の場合には、収束光を出射させる。

【0086】正乱視の場合には、非点収差を求める。

【0087】不正乱視の場合には、高次の収差との混合を行う。

【0088】ことが基本となる。

【0089】ここで演算方法を詳細に説明する。

【0090】図2に示す様に変換部材400の座標を

X、Yとし、受光部500の座標をx、yとすれば、波面は極座標表示又は、直交座標表示によって、

【0091】

.....第1式

※に

【0094】

.....第2式

★【0096】波面の近似式として

★【0097】

☆【0101】傾き角（アライメント誤差が反映される）は、

【0102】

Aを決める。添え字のi、jは変換部材400の1要素に対応する。実際には、データが傾き角で出現するため、それぞれの波面の微分値を使って計算する。なぜなら、本装置において測定するデータは光線の傾き角であるからである。

【0115】光線の傾き角は直接波面の位置座標による微分で求めることができる。本波面センサーで測定される量は基準からの横収差量である。

【0116】図2で次の関係が近似的に成り立つことが知られている。

【0117】「数4」

【0118】.....第8式

【0119】「数5」

【0120】・・・・・・第9式

【0121】1 (エル) は、変換部材400と受光部500との距離である。

【0122】「波面と本波面センサーで計測する横収差量について」

【0123】変換部材400の中心点がX、Yの各素子においてdx (X、Y)、dy (X、Y)を得る。

【0124】ここで、dx、dyは変換部材400の1素子の対して、受光部500上の、予め決まっている原*

$$dx(X_i, Y_i) = x_{i+1} - x_{i-1}$$

【0127】

$$dy(X_i, Y_i) = y_{i+1} - y_{i-1}$$

【0128】そして、微分を使った場合の残差の二乗和は、

【0129】「数6」

【0130】・・・・・・第12式

【0131】ここでも、残差を最小にするようなFのパラメータG、T、S、C、を適当な非線型最適化手法、例えば、減衰最小二乗法などを使って求めればよい。

【0132】K、G、Tは測定時の誤差などの影響と考えられる。オートレフではS、C、Aが測定量となる。

【0133】なお、球面と正乱視の式中に符号の定まらないところがあるが、それぞれの組み合わせを別々に計算して、最も残差の少ない場合を採用すればよい。

【0134】A 「不正乱視成分」

【0135】残差が不正乱視成分になる。

【0136】残差成分は、今までのオートレフでは構造上、測定することができない。また、ソフトウェア的にも新しい工夫が必要である。

【0137】残差、つまり、不正乱視成分の解析には、

【0138】(1) 残差量を自乗和の形で算出する。 ※

$$\text{コマ収差成分} \quad r^{(2n+1)} \cos(\theta + T_n), n=1, 2, \dots$$

【0151】

$$\text{球面収差成分} \quad r^{2n} \quad n=2, 3, \dots$$

【0152】

$$\text{高次の非点収差} \quad r^{2n} \cos^2(\theta + A_n), n=1, 2, \dots$$

【0153】このほか回転方向に非点成分よりも高次の収差が存在し、これが大事である。一般的にこれらは、

【0154】

$$f(r) \cos^n(\theta + T_n), n=2, 3, \dots$$

【0155】これらの項のパラメータを決めるために、光線の傾き角から先に得られたG、T、S、C、Aにより、傾き角、球面、正乱視の各成分に寄与した量を引き去る。その上で、ここで述べた、コマ収差成分、球面収差成分、高次の非点収差およびその他の寄与を計算することができる。

★

$$(\text{基準波面}) = W_0(X_i, Y_i) = F_0(S, C, A, X_i, Y_i)$$

【0162】

$$(\text{再生波面}) = W_r(X_i, Y_i) = F_r(S, C, A, \text{不正乱視成分のパラメ}$$

* 点と、実際の光線の交点のx、y方向それぞれの距離である。変換部材400の1素子に対応する原点は、図2に示す様に、波面がW一様に平らで、つまり、眼屈折率特性が球面成分と乱視成分が共に0ディオプターで、あとで述べる不正乱視成分などの残差もない場合に、変換された光束が測定できる受光部500上の点である。

【0125】S、C、Aがゼロで、残収差もない状態の時のそれぞれの点の位置を(x°, y°)とする。

【0126】

・・・・・・第10式

・・・・・・第11式

※【0139】(2) 収差論で知られている方法と同様に成分に分ける。

【0140】(3) S、C、Aで表される波面を基準面として、ずれ量をすべて出力する。

【0141】等が考えられる。

【0142】また、不正乱視の大きい場合には、波面そのものの歪みを知るために、基準波面をSによるもの、または、単に、平面によるものなども必要になる場合がある。

【0143】「残差量の自乗和」

【0144】既に、前記の方法で決定されたK、G、T、S、C、Aを使って、残差の自乗和を測定する。N行M列とすると、点数n=N*Mの自乗を2倍した数で割ったものであり、

【0145】「数7」

【0146】・・・・・・第16式

【0147】となる。

【0148】B 「成分別の分析」

【0149】これらは、

【0150】

★【0156】C 「基準波面からのずれ量を出力」

【0157】基準波面F' と実際のFの同位置でのz方向での距離差dLを表示する。

【0158】ここで次の様に定義する。

【0159】F₀、F_rは、Fから定数項と傾き角項を除いたものである。

【0160】それぞれ、波面を近似した関数で表記し直したもので、

【0161】

ータ、 X_i 、 Y_i)

【0163】

$$\Delta(\text{デルタ}) z_{i+1} = W_r(X_i, Y_i) - W_o(X_i, Y_i)$$

【0164】

【0165】ここで、全ての表示は波長単位で行うことができる。また、 μm 等の単位で表示することも可能である。

【0166】D 「基準波面からのパワーのずれを表示する」

【0167】(1) 残差を成分別に計算したものからパワーを計算する。(前と同様)

【0168】(2) 残差成分のみからその点の残差成分のみによる傾き角を求め、それと、近傍の点の傾き角からパワーを計算する。

【0169】(3) 測定値から基準波面 W_o によって計算されるその点の傾き角を引き去り、その後で、周辺の点(典型的には8個又は15個)から、その点のパワーを計算する。

【0170】なお、パワーは、図3に示す様に、微分幾何で教えるところの曲面のある点での最大曲率と最小曲率に関係した量と方位を直接表示する。即ち、曲率半径 R で収束している時のパワーは、 $1/R$ と表現される。

【0171】更に、図4及び図5に示す様に、MERIDIONAL POWERを表示する方法がある。

【0172】正乱視は一般に垂直子午線方向のパワーが強く、水平子午線方向のパワーが弱い。パワーはディオプターで表示することが通例である。

【0173】ここで、変換部材400が、反射光束を少なくとも17以上のビームに変換することについて詳細に説明する。

【0174】測定は、S、C、A成分の測定であれば、原点と動径方向の1点、回転方向は4点のデータから計算できる。ここでは最低その1次つつ高次の情報が必要であるので $2 \times 8 = 16$ と原点の合計である17点の計測点が必要になる。

【0175】従って、光学特性演算部600は、受光部500の受光面上の複数のマイクロフレネルレンズによる1次光の収束位置から光束の傾き角を求め、これに基づき被検眼1000の光学特性を求めることができる。

【0176】なお、変換部材400にマイクロフレネルレンズを使わない場合には、受光データの1点はぼやけた像になるので、各点の重心を求める。

【0177】そして、マイクロフレネルレンズを使った場合でも、図6に示す様に、受光素子でわざとぼかした像を観察することにより位置測定精度を向上させることができる。また、投影される光束が受光面において複数の画素上に投影される様にし、各画素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。

【0178】この様に重心の計算をすることにより、素

.....第17式

子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。

【0179】更に、光学特性演算部600の演算結果を表示するための表示部700を設けてある。

10 【0180】この表示部700は、被検眼1000の光学特性を球面成分、正乱視成分及びその軸角度並に、これ以外の不正乱視成分とに分けて、光学特性演算部600で得られた結果を表示すると共に、受光部500からの信号に基づき、被検眼前眼部が表示される様に構成されている。

【0181】例えば、

【0182】(1) 「球面成分、正乱視成分及びその軸角度の表示」

【0183】不正乱視成分は、こま成分、高次の球面収差成分、高次の非点収差成分を表示する。

【0184】(2) 「球面成分、正乱視成分及びその軸角度の表示」

【0185】不正乱視成分は、球面成分、正乱視成分のみで構成される波面からのずれを2次元的に表示する。

【0186】(3) 「2次元的に波面の曲率をたとえばディオプターで表示」

【0187】グラフィックに表示も可能である。各表示点に非点収差がある場合曲率が2種類存在する。微分幾何学の教えるところにより、両者は直交している。

40 【0188】この表示部700は、被検眼1000の光学特性をグラフィックに表示することができ、例えば、被検眼1000を全部から見た図(x、y座標)で表示したり、x、y座標にパワーを例えばディオプター表示でマッピングすることができる。

【0189】更に表示部700は、被検眼1000の光学特性を正常眼からの偏差で表示することもできる。

【0190】また計測で求めたS、C、Aの値から再現した標準となる波面からのずれを波長オーダーでx、y座標系にマッピングすることもできる。

50 【0191】そして表示部700は、被検眼1000の光学特性を正常眼からの偏差でグラフィックに表示することもできる。そして、これらの表示は等高線表示することもできる。

【0192】この等高線表示は、例えば、擬似カラーによるマッピングとすることもできる。

【0193】次に、図7(a)と図7(b)に基づいて、アラインメントについて説明する。

【0194】ここで、図7(a)に示す様に、受光系の移動レンズ群302より被検者側のレンズを対物レンズ群301とすると、アライメントは、被検物の測定基準

面（被検物が眼の場合には、出射瞳、角膜表面）に、対物レンズ群301の前側焦点が一致する様に配置すればよいことになる。

【0195】測定光線が、対物レンズ群301を通過した後、光軸と交わる点（被検物が眼の場合には、眼底と略共役点となる）に移動レンズ群302の前側焦点が来る様に、移動レンズ群302が移動する。これにより、受光部500には、常に略平行光が入射され、測定基準面での測定領域を略一定とすることができる。

【0196】そして、例えば被検物が眼の場合において、光線の前眼部の測定基準面での正確な位置は、光線の変換部材400通過位置と、受光部500の受光位置に基づいて、内挿又は外挿法により、移動レンズ通過後の前眼部の測定基準面の共役点での光線座標を求め、光学系の横倍率で割ることにより得ることができる。

【0197】ここで図7(b)に基づいて、動作を説明する。

【0198】S1（ステップ1、以下、S1と略する）では、光源100を点灯させる。次にS2では、被検物を固定する。そしてS3では、対物レンズ群301の前側焦点位置と、被検物が一致する様にする。更にS4では、光源100の像と移動レンズ群302の前側焦点とが一致する様に、移動レンズ群302を移動させる。そしてS5では、マイクロフレネルレンズ（ハルトマン板）400の0次光と1次光とを利用して像を形成し、S6では、受光部500に相当する2次元受光素子で、S5で形成された像を受光する様に構成されている。

【0199】なお、図7(c)に示す様に、レンズメータの場合には、印点を利用してアライメントが行えるという効果がある。

【0200】次に、本第1実施例の具体的な測定動作を図9に基づいて説明する。

【0201】まずS1で、計測を開始する。次にS2では、XYアライメント光学系900と、Zアライメント光学系5100とを利用してアライメントを実行する。そしてS3では、雲霧を行って遠点を出し、変換部材400が形成する点像がシャープに見える様に調整する。更にS4で、上述した波面の計測を行い、S5に進む。なお波面は、眼の収差を表すものである。

【0202】S5では、変換部材400が形成する各点像がシャープであるかを判断し、シャープでない場合には、S6に進み、眼の収差をキャンセルする様に、照明状態変更部210を駆動させる。S6で眼の収差をキャンセルした後、再びS4に戻って波面を測定する。

【0203】このフィードバック制御により、S5で、各点像がシャープであると判断した場合には、S7に進み、上述の屈折率の計算を実行する。そして、S8で計測を終了する。

【0204】このフィードバック制御は、制御手段800が、照明状態変更部210を駆動させ、眼の収差成分

をキャンセルする様にコントロールし、応答を再び演算処理することにより、収差成分を補償した制御系を実現している。

【0205】その制御の一例を以下に示す。

【0206】光学特性演算部600は、被検眼網膜1300から反射された光束の波面を前述した第2式、又は、ゼルニケの多項式等を用いて、 $W(X_i, Y_i)$ を求める。

【0207】変換部材400と照明状態変更部210とは、略共役関係とされており、また照明状態変更部210が直交反射で構成されている場合には、変換部材400で測定された波面 $W(X_i, Y_i)$ 、（即ち、被検眼の収差成分）を補正するために、デフォーダブルミラーの移動量 $d(\alpha_i, \beta_i)$ を与える。

【0208】ここで、 $d = (W(X_i, Y_i)) / (2 * (2)^{0.5})$ とする。

【0209】そして (α_i, β_i) は、 (X_i, Y_i) と共役な点である。

【0210】[第2実施例]

【0211】本発明の第2実施例である光学特性測定装置20000は、図13に示す様に、照明光学系200が、第1実施例と異なっている。従って、照明光学系200のみ説明し、他の構成は、第1実施例と同様であるから説明を省略する。

【0212】照明光学系200は、光源100からの光束で被検眼網膜を照明するためのものであり、第1の集光レンズ201と、可変絞り202と、照明状態変更部210と、第2の集光レンズ203と、固視標結像レンズ204と、固視標205とから構成されている。

【0213】なお、点光源照明系200Aは、第1の集光レンズ201と、可変絞り202と、第2の集光レンズ203とから構成され、固視標投影系200Bは、固視標結像レンズ204と、固視標205とから構成されている。そして、点光源照明系200Aからの光束と固視標投影系200Bからの光束とは、第4のビームスプリッタ207で同軸とされている。

【0214】そして光源100と固視標205とは共役関係に維持されている。また照明光学系200をその光軸方向に移動させて、網膜に点光源及び固視標205の像が形成された後に、制御演算処理手段800からの信号により、固視標投影系200Bを僅かに遠ざけ雲霧させる。

【0215】また、第1の視度調整機構が、点光源照明系200Aと固視標投影系200Bとの視度を、受光部500での受光レベルに応じて、この受光レベルが最大となる様に調整する様に構成されている。

【0216】以上の様に構成された第2実施例の光学特性測定装置20000のその他の構成及び作用は、第1実施例である光学特性測定装置10000と同様であるから説明を省略する。

【0217】なお、本発明は光学特性測定装置であり、必ずしも被検査対象物は、眼に限られるものではなく、何れの被検査対象物の光学特性を測定することができる。

【0218】

【効果】以上の様に構成された本発明は、照明用の光源と、該光源からの光束による照明状態を変更できる照明状態変更部を介して被検眼網膜を照明する照明光学系と、前記被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導く受光光学系と、この受光部からの出力信号に基づいて、被検眼の光学特性を求める光学特性演算部とを有し、前記照明状態変更部が、前記光学特性演算部で得られた光学特性に基づき、前記照明光学系が被検眼網膜上で微小な領域を照明する様に、前記照明光学系の照明状態を変更する構成を有しているの、眼の収差がキャンセルされ、クリアな画像を得ることができるという卓越した効果がある。

【0219】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の光学特性測定装置1000の構成を示す図である。

【図2】原理を説明する図である。

【図3】パワーを、最大曲率と最小曲率に関係した量と方位を直接表示する方法を示すものである。

【図4】MERIDIONAL POWERを表示する方法を示す図である。

【図5】MERIDIONAL POWERを表示する方法を示す図である。

【図6】位置測定精度を向上させる方法を示す図である。

【図7(a)】アライメントを説明する図である。

【図7(b)】アライメントの動作を説明する図である。

【図7(c)】レンズメータの場合を説明する図である。

【図8】照明状態変更部を説明する図である。

【図9】本第1実施例の測定動作を説明する図である。*

$$(C^2 \pm \sqrt{C^2 - r^2}) \cos^2(\theta + A) = (C \pm \sqrt{C^2 - (X^2 + Y^2)}) \left(\frac{\cos^2(A)X^2 + 2\sin(A)\cos(A)XY + \sin^2(A)Y^2}{X^2 + Y^2} \right)$$

【数3】

$$\sum_{i,j} \left[W(X_i, Y_j) - F(K, G, T, S, C, A, X_i, Y_j) \right]^2$$

【数4】

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial X} = \frac{\phi(X, Y)}{l}$$

*【図10】アライメントを説明する図である。

【図11】アライメントを説明する図である。

【図12】アライメントを説明する図である。

【図13】本発明の第2実施例の光学特性測定装置2000の構成を示す図である。

【符号の説明】

10000 第1実施例の光学特性測定装置

20000 第2実施例の光学特性測定装置

1000 被検眼

1100 角膜

1200 虹彩

1300 網膜

100 光源

200 照明光学系

201 第1の集光レンズ

202 可変絞り

203 第2の集光レンズ

204 固視標結像レンズ

205 固視標

210 照明状態変更部

300 受光光学系

301 対物レンズ

302 リレーレンズ

303 ダイクロイックミラー

400 変換部材

500 受光部

600 光学特性演算部

800 制御手段

900 XYアライメント光学系

910 アライメント光源

950 アライメント受光部

5100 Zアライメント光学系

【数1】

$$S \pm \sqrt{S^2 - r^2} = S \pm \sqrt{S^2 - (X^2 + Y^2)}$$

【数2】

【数5】

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial Y} = \frac{\phi(X, Y)}{l}$$

【数6】

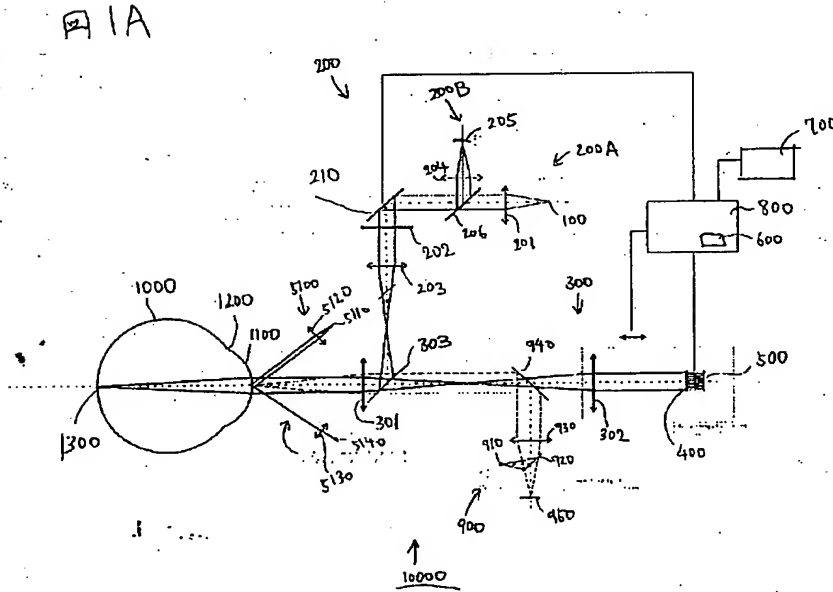
$$\sum_{i,j}^{19} \left[\left\{ \frac{\partial x(X_i, Y_j)}{l} - \left(\frac{\partial F}{\partial X} \right)_{(x_i, y_j)} \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial y(X_i, Y_j)}{l} - \left(\frac{\partial F}{\partial Y} \right)_{(x_i, y_j)} \right\}^2 \right]$$

【数7】

$$\frac{\sum_{i,j} \left[\left\{ \frac{\partial x(X_i, Y_j)}{l} - \left(\frac{\partial F}{\partial X} \right)_{(x_i, y_j)} \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial y(X_i, Y_j)}{l} - \left(\frac{\partial F}{\partial Y} \right)_{(x_i, y_j)} \right\}^2 \right]}{2n}$$

【図1A】

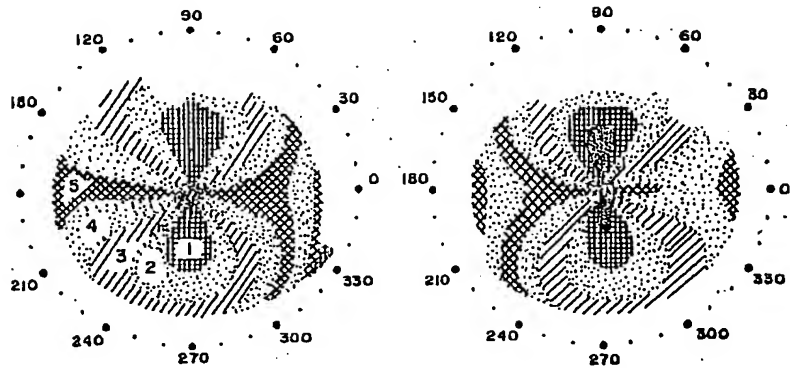
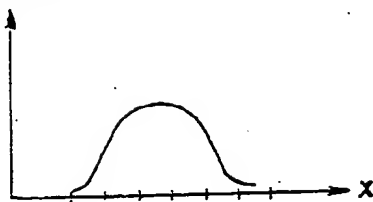
【図1B】



【図6】

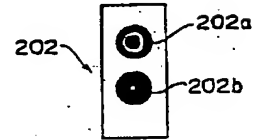
【図4】

光強度

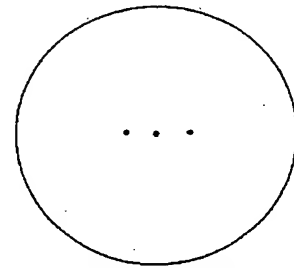


正乱光

不正乱光

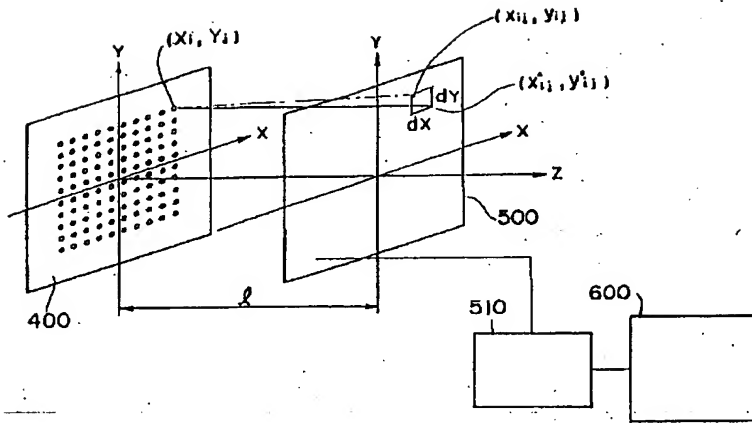


【図7(c)】

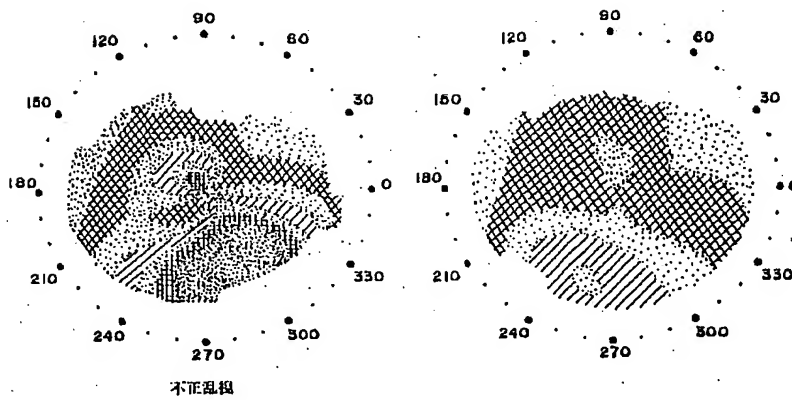


レンズマーチの場合

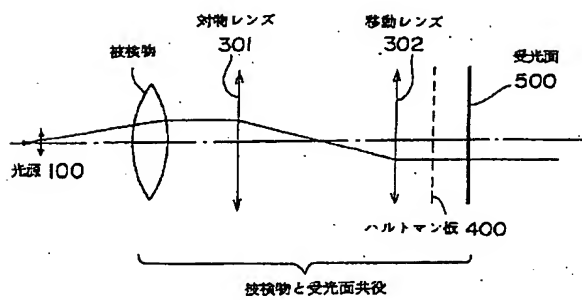
【図2】



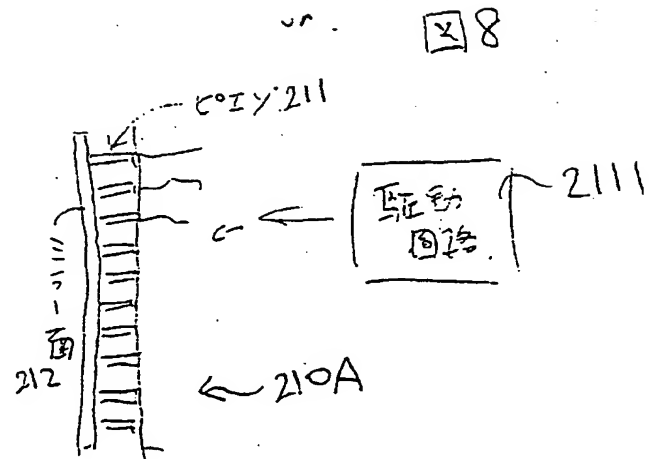
【図5】



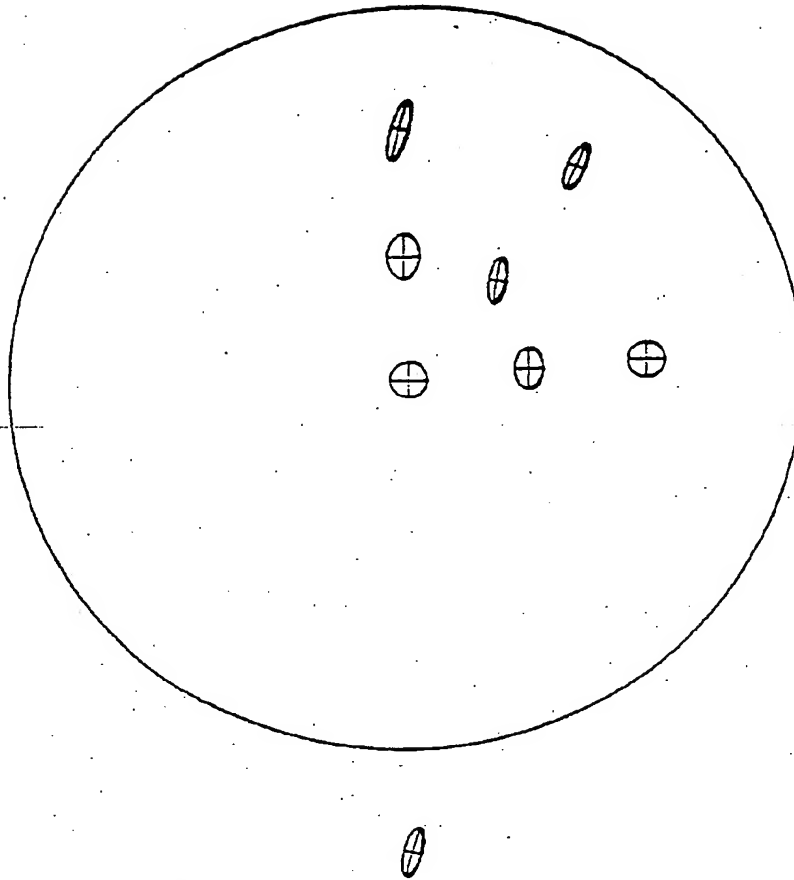
【図7(a)】



【図8】



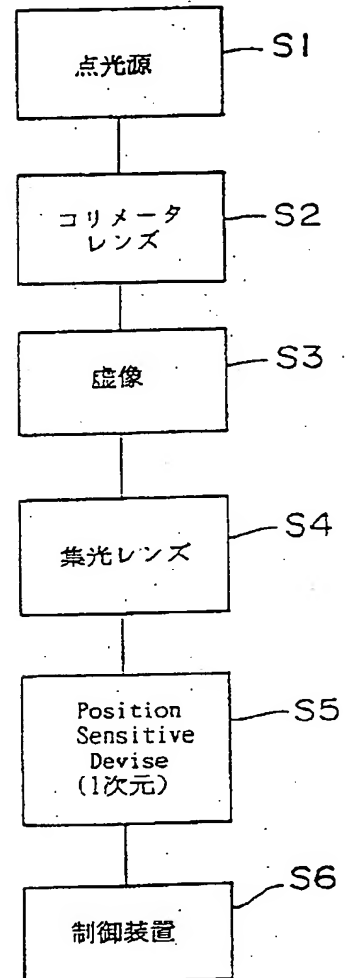
【図3】



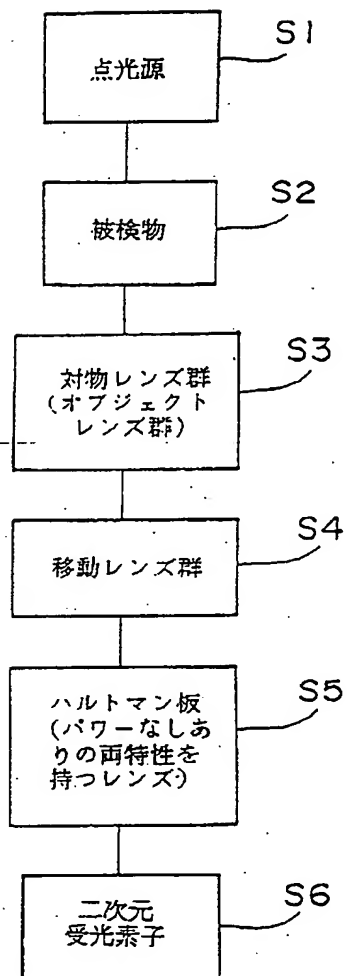
楕円で最大パワーと最小パワーをあらわす。
また、その方位もあらわす。

【図10】

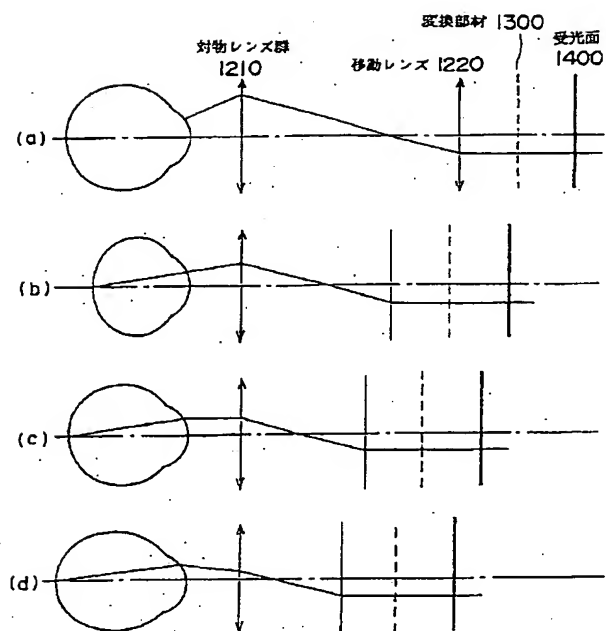
Zアライメント



【図7(b)】



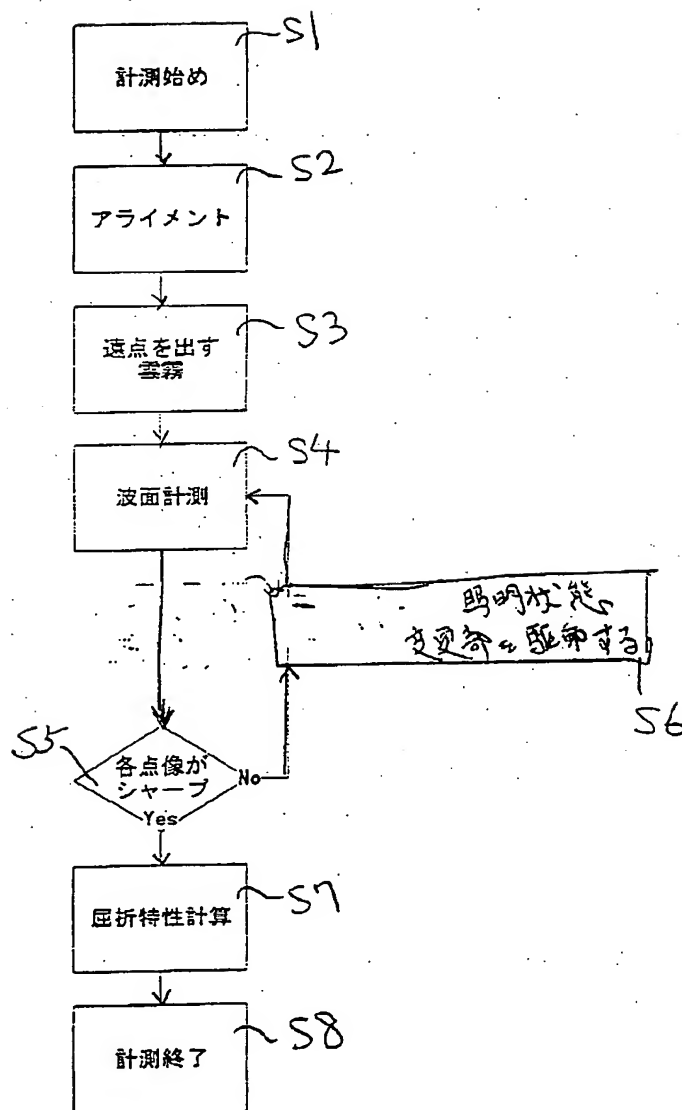
【図12】



【図9】

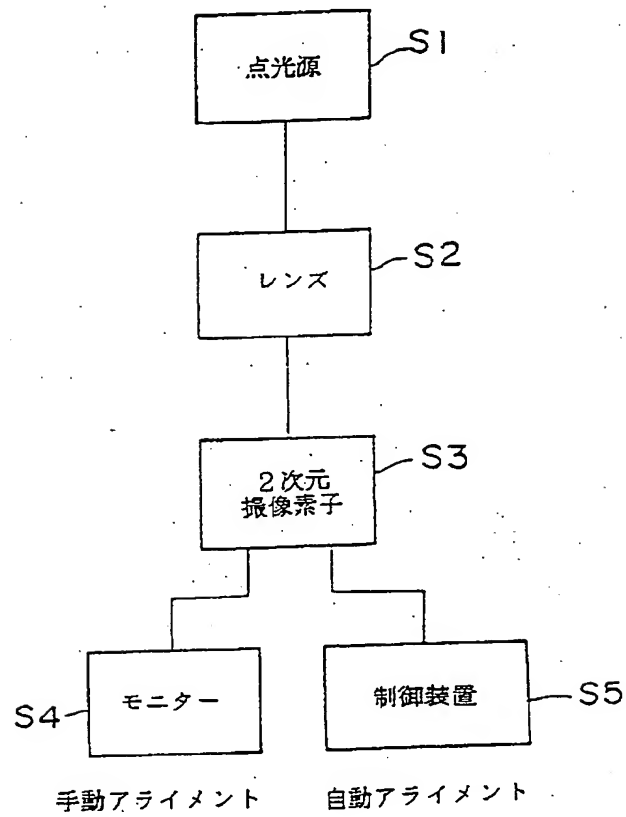
#3

図9



【図11】

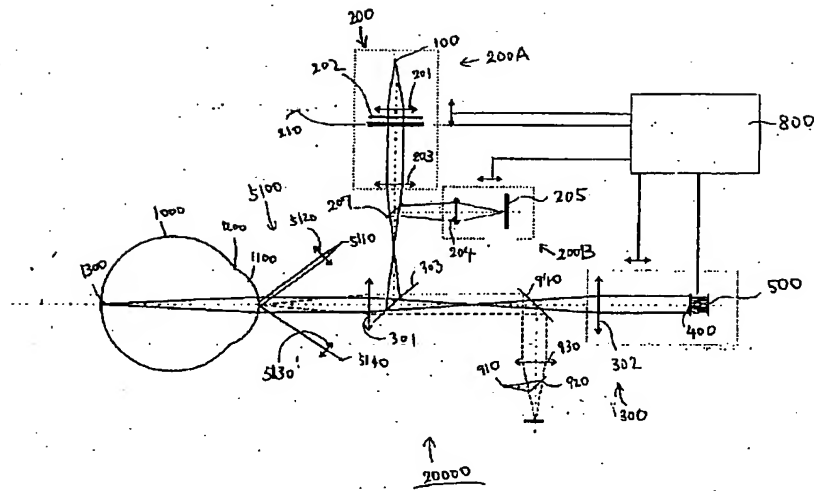
XYアライメント



【図13】

図13

#2



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第1部門第2区分
 【発行日】平成11年(1999)11月24日

【公開番号】特開平 11-137522
 【公開日】平成11年(1999)5月25日
 【年通号数】公開特許公報 11-1376
 【出願番号】特願平 9-327098
 【国際特許分類第6版】

A61B 3/10

3/036

【F I】

A61B 3/10 N

3/02 G

【手続補正書】

【提出日】平成10年12月31日

【手続補正1】

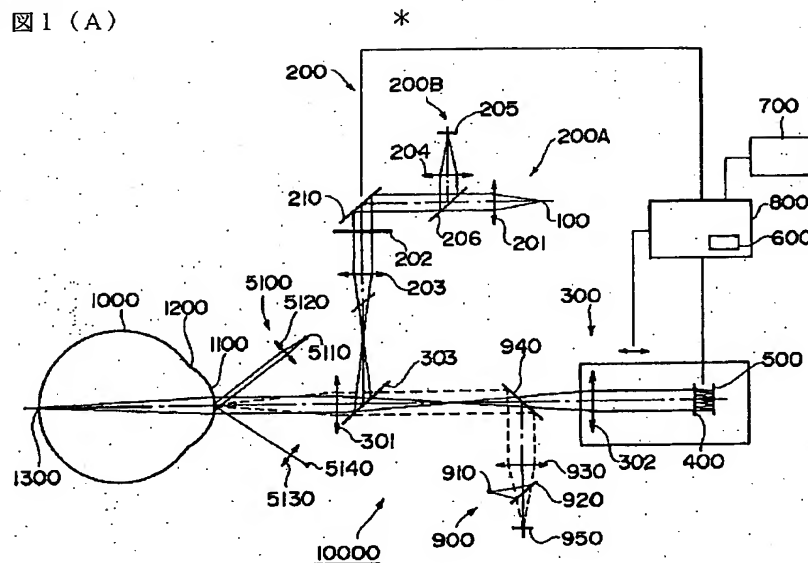
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1(A)

*【補正方法】変更

【補正内容】

【図1(A)】



【手続補正2】

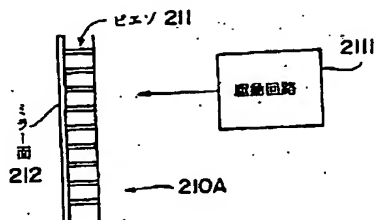
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



【手続補正3】

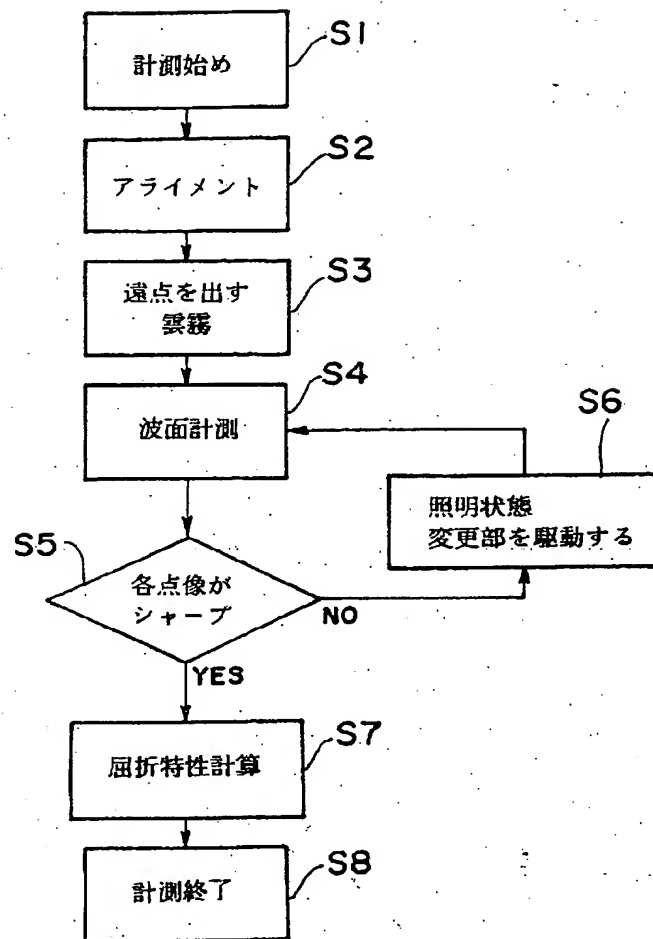
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

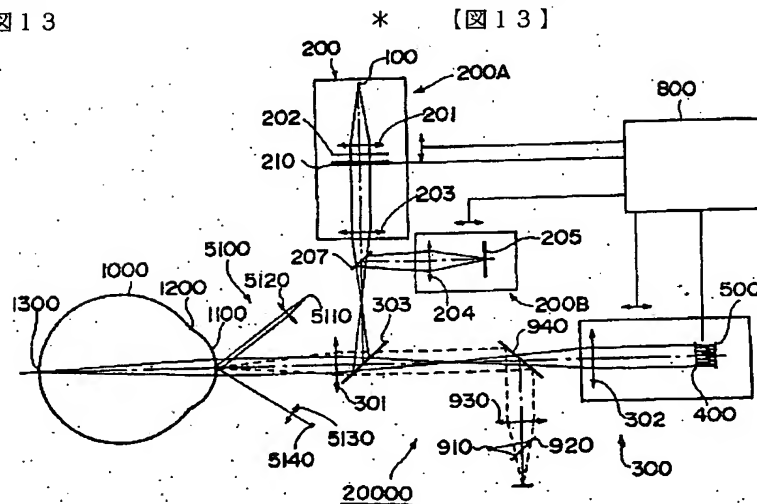
【補正内容】

【図9】



【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 13

*【補正方法】変更
【補正内容】
【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.